



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 33 243 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
G 01 D 5/20
G 01 B 7/00

②1 Aktenzeichen: 199 33 243.6
②2 Anmeldetag: 15. 7. 1999
④3 Offenlegungstag: 3. 2. 2000

③0 Unionspriorität:
10-204068 17. 07. 1998 JP

⑦1 Anmelder:
Alps Electric Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:
Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80797 München

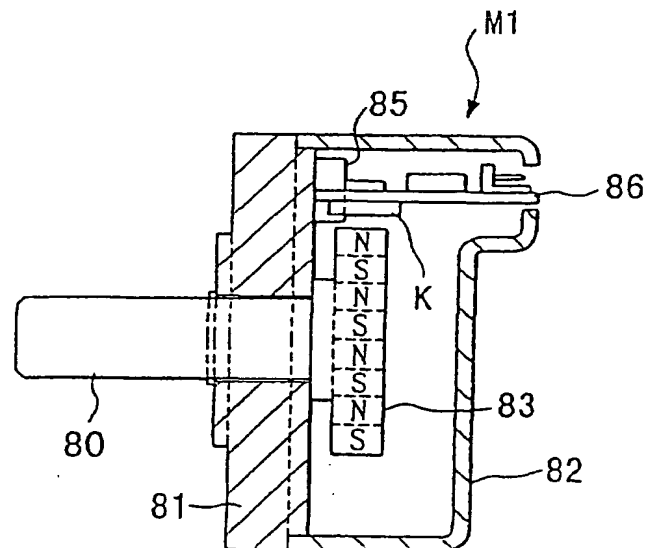
⑦2 Erfinder:
Tokunaga, Ichirou, Furukawa, Miyagi, JP; Kikuchi,
Seiji, Miyagi, JP; Sasaki, Yoshito, Nagaoka, Niigata,
JP; Hatanai, Takashi, Nagaoka, Niigata, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Codierer mit Magnetowiderstandselementen

⑤7 Der erfindungsgemäße Codierer enthält mindestens ein Paar von Riesenmagnetoresistenzeffekt-Elementen, die paarweise auf einem Substrat so ausgebildet sind, daß die Elemente elektrisch verbunden sind und die Magnetisierungsachsen-Richtungen von fixierten Magnetscheiben in den Elementen jeweils parallel zueinander in die gleiche Richtung weisen. Gegenüber den auf einem Substrat (K) befindlichen Elementen ist drehbar ein magnetisches Codierelement (83) gelagert, welches mehrere Magnetpole (S, N) trägt, die sich in der Drehrichtung des Codierelements abwechseln.



DE 199 33 243 A 1

DE 199 33 243 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Codierer, der mit Riesenmagnetoresistenzeffekt-Elementen, im folgenden einfach als Magnetowiderstandselemente bezeichnet, ausgestattet ist, die eine sehr starke Widerstandsänderung bei Änderung eines äußeren Magnetfelds zeigen.

Stand der Technik

Die japanische ungeprüfte Patentanmeldungsveröffentlichung Hei 8-226960 zeigt einen Magnetfeldsensor mit Magnetowiderstandselementen, die elektrische als Brückenschaltung angeordnet sind.

Wie in Fig. 16 gezeigt ist, enthält ein in jener Anmeldung offenkundiger Magnetfeldsensor A separat angeordnete Magnetowiderstandselemente 1, 2, 3 und 4, von denen die beiden Magnetowiderstandselemente 1 und 2 über eine Leitung 5, die Magnetowiderstandselemente 1 und 3 über eine Leitung 6, die Magnetowiderstandselemente 3 und 4 über eine Leitung 7, die Magnetowiderstandselemente 2 und 3 über eine Leitung 8 verbunden sind, an die Leitung 6 ein Eingangsanschluß 10, an die Leitung 8 ein Eingangsanschluß 11, an die Leitung 5 ein Ausgangsanschluß 12 und an die Leitung 7 ein Ausgangsanschluß 13 gekoppelt ist.

Die Magnetowiderstandselemente 1, 2, 3 und 4 besitzen jeweils einen Sandwich-Aufbau, bei dem eine nicht magnetische Schicht 15 zwischen einer oberen und einer unteren ferromagnetischen Schicht 16 bzw. 17 liegt und auf einer der ferromagnetischen Schichten (der fixierten magnetischen Schicht) 16 eine antiferromagnetische Austausch-Vormagnetisierungsschicht 18 angeordnet ist, wodurch die von dieser Austausch-Vormagnetisierungsschicht 18 erzeugte Austauschkopplung die Magnetisierungsachse der ferromagnetischen Schicht 16 in eine Richtung festlegt. Außerdem ist die Orientierung der Magnetachse der ferromagnetischen Schicht (der freien magnetischen Schicht) 17 auf der anderen Seite so geschaffen, daß sie sich abhängig von der Orientierung eines äußeren Magnetfelds frei dreht. Beispielsweise ist die Orientierung der Magnetisierungsachse in der die ferromagnetische Schicht 17 enthaltenden Horizontalebene frei drehbar.

Bei dem Magnetfeldsensor A gemäß Fig. 16 weist die Orientierung der Magnetisierungsachse der fixierten Magnetisierungsschicht 16 des Magnetowiderstandselements 1 in Pfeilrichtung 20 nach vorne gemäß Fig. 16, die Orientierung der Magnetisierungsachse der fixierten ferromagnetischen Schicht 16 des Magnetowiderstandselements 2 weist gemäß Pfeil 21 nach hinten, die Magnetisierungsrichtung der fixierten magnetischen Schicht 16 des Magnetowiderstandselements 3 weist gemäß Pfeil 23 nach hinten, und die Orientierung der Magnetisierungsachse der fixierten magnetischen Schicht 16 des Magnetowiderstandselements 4 weist gemäß Pfeil 22 nach vorn. Die Orientierung der Magnetisierungsachse der freien magnetischen Schicht 17 jedes der Magnetowiderstandselemente 1, 2, 3 und 4 weist nach rechts entsprechend dem Pfeil 24 in Fig. 17, wenn kein äußeres Magnetfeld einwirkt.

Wenn bei dem in Fig. 16 gezeigten Magnetfeldsensor A ein äußeres Magnetfeld H vorhanden ist, so dreht sich in dem ersten und dem vierten Magnetowiderstandselement 1 und 4 die Magnetisierungsachse 24 der freien magnetischen Schicht 17 um einen spezifischen Winkel α gemäß Fig. 17, abhängig von dem äußeren Magnetfeld H. Dementsprechend ändert sich die Winkelbeziehung bezüglich der Magnetisierungsachse 20 der fixierten magnetischen Schicht 16, wodurch sich eine Widerstandsänderung ergibt. Da die Orientierungen der Magnetisierungsachsen der fixierten magnetischen Schichten 16 des ersten und des vierten Magnetowiderstandselements 1 und 4 um 180° versetzt sind gegenüber den Orientierungen der Magnetisierungsachsen der fixierten magnetischen Schichten 16 des zweiten und des dritten Magnetowiderstandselements 2 und 3, läßt sich die eine Phasendifferenz beinhaltende Widerstandsänderung erfassen.

In dem elektrisch als Brücke verschalteten Magnetfeldsensor A gemäß Fig. 16 sind die Orientierungen der Magnetisierungsachsen gemäß den angegebenen Pfeilen spezifiziert, da von den Magnetowiderstandselementen 1, 2, 3 und 4 ein Differenz-Ausgangssignal gewonnen werden soll, wenn die Orientierungen der Magnetisierungsachsen der freien magnetischen Schichten 17 sich ansprechend auf das äußere magnetische Feld H ändern, und in den Magnetowiderstandselementen 1, 2, 3 und 4, die sich rechts und links sowie oben und unten in Fig. 16 befinden, müssen die Magnetisierungsachsen antiparallel festgelegt sein, so daß jeweils zwei benachbarte Elemente um 180° versetzt magnetisiert sind.

Um den in Fig. 16 dargestellten Aufbau zu erhalten, ist es unerlässlich, die Magnetowiderstandselemente 1, 2, 3 und 4 benachbart auf einem Substrat auszubilden und die Orientierungen der Magnetisierungsachsen der fixierten magnetischen Schichten 16 jedes von zwei benachbarten Magnetowiderstandselementen so zu fixieren, daß sie um 180° versetzt sind.

Um die Orientierungen der Magnetisierungsachsen der fixierten magnetischen Schichten 16 in dieser Weise zu steuern, und um die Gittermagnetisierung der Austausch-Vormagnetisierungsschicht 18 einzustellen, ist es unbedingt erforderlich, ein Magnetfeld einer spezifischen Richtung an die Austausch-Vormagnetisierungsschicht 18 zu legen, während diese auf eine Temperatur oberhalb der sogenannten Sperrtemperatur erwärmt ist, bei der der Ferromagnetismus verschwindet, und außerdem muß die Wärmebehandlung so erfolgen, daß die Abkühlung erfolgt, während das Magnetfeld noch angelegt ist.

Bei dem Aufbau nach Fig. 6 allerdings müssen die Orientierungen der Magnetisierungsachsen der Austausch-Vormagnetisierungsschichten 18 bei jeweils zwei der Magnetowiderstandselemente 1, 2, 3 und 4 um 180° versetzt werden, wobei die Richtungen der Magnetfelder individuell für jedes der Magnetowiderstandselemente, die benachbart auf dem Substrat ausgebildet sind, gesteuert werden müssen. Da das Verfahren zum Aufprägen eines Magnetfelds durch Einsatz eines Magnetfelderzeugers von außen, beispielsweise eines Elektromagneten oder dergleichen, nur das Aufprägen des Magnetfelds in einer Richtung ermöglicht, ist es äußerst schwierig, den in Fig. 16 dargestellten Aufbau herzustellen.

In der erwähnten japanischen Patentanmeldungs-Veröffentlichung 8-226960 ist angegeben, daß der in Fig. 16 dargestellte Aufbau dadurch erhalten werden kann, daß man individuell entlang jedem der Magnetowiderstandselemente 1, 2, 3 und 4, die benachbart auf einem Substrat ausgebildet sind, leitende Schichten niederschlägt und die vorstehend erwähnte Wärmebehandlung durchführt, während Ströme durch diese leitenden Schichten in verschiedene Richtungen geleitet werden, um individuell Magnetfelder verschiedener Richtungen durch die leitenden Schichten zu erzeugen. Aber selbst wenn der Wunsch besteht, starke Magnetfelder durch Einspeisen hoher Ströme in die leitenden Schichten zu erzeugen,

zeugen, um die Gütermagnetisierung der Austausch-Vormagnetisierungsschichten 18 zu steuern, lassen sich nicht derart starke Ströme durch die dünnen Leiterschichten führen, die auf den Magnetowiderstandselementen auf dem Substrat niedergeschlagen sind, so daß mit Hilfe der leitenden Schichten nur unzulängliche Magnetfelder erzeugt werden, die für die nachfolgenden Prozeßschritte unzureichend sind. Da außerdem die Magnetfelder auf die Magnetowiderstandselemente 1, 2, 3 und 4 ausgeübt werden, die benachbart auf einem Substrat ausgebildet sind, wobei das Aufbringen der Magnetfelder in jeweils verschiedenen Richtungen aus mehreren leitenden Filmen erfolgen muß, ist es äußerst schwierig, starke Magnetfelder an jede der Austausch-Vormagnetisierungsschichten 18 der Magnetowiderstandselemente 1, 2, 3 und 4 anzulegen.

Wie oben ausgeführt wurde, besitzt der in Fig. 16 dargestellte Magnetfeldsensor A eine hervorragende Funktion als magnetischer Sensor. In der Praxis allerdings ist die Ausbildung der Schichten auf einem Substrat sowie die Herstellung des Magnetfeldsensors A mit äußerst diffizilen Prozeßschritten verbunden, um die Magnetfelder und Wärmeprozesse zu erhalten, was den Gesamt-Fertigungsvorgang erschwert. Für breitere Anwendungsgebiete stellt dieser bekannte Aufbau Probleme.

Was die Anwendungen des in Fig. 17 dargestellten Magnetfeldsensors A gemäß der japanischen Patentanmeldungs-Veröffentlichung Hei 8-226916 angeht, so ist in jener Druckschrift lediglich vorgeschlagen, Anwendungen bei Linear- oder Drehcodierern, Näherungsfühlern, geomagnetischen Magnetometern und dergleichen vorzusehen. Es gibt keine konkreten Vorschläge bezüglich Anlagen und Einsatzgebieten für den Magnetfeldsensor A.

Andererseits ist als Beispiel für Produkte, die mit Magnetismus arbeiten, ein magnetischer Codierer bekannt. Der Codierer dieses Typs verwendet Hallelemente als Detektorelemente, die auf die Änderung des Magnetfelds ansprechen. Allerdings ist die Ausgangswellenform, wie sie von den Hallelementen erzeugt wird, angenähert eine Sinuskurve. Eine Drift einer unsymmetrierten Spannung der Hallelemente oder eine Drift der Eingangs-Offset-Spannung eines Verstärkers beeinträchtigt sowohl das Tastverhältnis (das Verhältnis zwischen niedrigem und hohem Pegel) einer Rechteckwelle beeinträchtigt als auch die Phasendifferenz zwischen A- und B-Phasen. Darüberhinaus ist die von den Hallelementen gelieferte Ausgangswellenform schwach und wird leicht durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Der Einsatz der Hallelemente ist also problematisch, wenn es um die Erzeugung eines hochpräzisen Signals geht. Es wurde daher bereits früher daran gedacht, einen Codierer herzustellen, der Detektorelemente besitzt, die ein starkes Ausgangssignal mit einer Wellenform liefern, die angenähert der gewünschten Rechteckwelle entspricht, wobei sich das Signal durch hohe Präzision auszeichnet.

Offenbarung der Erfindung

Angesichts der oben aufgezeigten Umstände haben die Erfinder Untersuchungen vorgenommen, um den Einsatz von Magnetowiderstandselementen der eingangs näher erläuterten Art zu überprüfen. Es ist dies eine grundlegend neue Idee für den Einsatz solcher Magnetowiderstandselemente, die bislang nur als Magnetfeldsensor eingesetzt wurden. Aufgabe der Erfindung ist daher die Schaffung eines Codierers, der den Drehwinkel eines magnetischen Codierelements erfaßt und ein starkes Ausgangssignal liefert, indem von einem besonderen Aufbau mit Magnetowiderstandselementen Gebrauch gemacht wird.

Gelöst wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schaltungsdiagramm eines Aufbaus eines erfindungsgemäßen Drehcodierers mit Magnetowiderstandselementen;

Fig. 2 eine schematische Darstellung des Aufbaus und der Verschaltung von Magnetowiderstandselementen des in Fig. 1 gezeigten Drehcodierers;

Fig. 3 eine Schnittansicht des Drehcodierers der ersten Ausführungsform mit einem Substrat, auf dem die in Fig. 1 gezeigten Magnetowiderstandselemente ausgebildet sind;

Fig. 4 eine schematische Darstellung zum Veranschaulichen der Konfiguration des magnetischen Codierelements und des Substrats;

Fig. 5 eine Schnittansicht zum Veranschaulichen des Schichtaufbaus und der Verbindungsteile in dem Drehcodierer mit den Magnetowiderstandselementen gemäß dem in Fig. 3 gezeigten grundsätzlichen Aufbau;

Fig. 6A ein Impulsdiagramm zum Erläutern der Widerstandsänderung eines Magnetowiderstandselements, und Fig. 6B eine schematische Darstellung zum Veranschaulichen der Ausgangswelle bezogen auf die Stellung von N-Pol und S-Pol des magnetischen Codierelements;

Fig. 7A eine schematische Darstellung zum Veranschaulichen der Lagebeziehung des magnetischen Codierelements und der Magnetowiderstandselemente, Fig. 7B ein Impulsdiagramm zum Veranschaulichen der Widerstandsänderung des Magnetowiderstandselements, Fig. 7C ein Impulsdiagramm zum Veranschaulichen der Widerstandsänderung des anderen Magnetowiderstandselements, und Fig. 7D ein Impulsdiagramm einer Ausgangswellenform;

Fig. 8 ein Schaltungsdiagramm zum Veranschaulichen der Verschaltung der in dem Drehcodierer nach der zweiten Ausführungsform der Erfindung befindlichen Magnetowiderstandselemente;

Fig. 9 ein Schaltungsdiagramm eines Verbindungsaufbaus eines Drehcodierers gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 10 eine schematische Darstellung, die den grundlegenden Schichtaufbau und die Schaltungskonfiguration der Magnetowiderstandselemente der dritten Ausführungsform veranschaulicht;

Fig. 11 eine schematische Darstellung zum Erläutern der Lagebeziehung des Substrats und des magnetischen Codierelements in dem Drehcodierer der dritten Ausführungsform;

Fig. 12 eine schematische Schaltungsdarstellung der Magnetowiderstandselemente in einem Drehcodierer einer vierten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 13 eine schematische Darstellung zum Veranschaulichen des Zustands, in welchem die Austausch-Vormagneti-

sierungsschichten der in Fig. 11 gezeigten Magnetowiderstandselemente polarisiert sind;

Fig. 14 eine schematische Darstellung zum Veranschaulichen des ersten Beispiels der von dem Codierer des Beispiels gewonnenen Ausgangswellenform;

Fig. 15 ein Impulsdiagramm einer weiteren Ausgangswellenform des Codierers gemäß dem Beispiel;

5 Fig. 16 eine schematische Darstellung eines herkömmlichen Magnetfeldsensors; und

Fig. 17 eine Skizze zum Veranschaulichen der Orientierungen von Magnetisierungsachsen der fixierten magnetischen Schichten in Relation zu jenen der freien magnetischen Schichten in den Magnetowiderstandselementen des in Fig. 16 gezeigten herkömmlichen Magnetfeldsensors.

10 Im folgenden wird ein erstes Ausführungsbeispiel eines Codierers gemäß der Erfindung anhand der Zeichnungen erläutert.

Fig. 1 veranschaulicht die Verschaltung von Magnetowiderstandselementen für einen Codierer der ersten Ausführungsform und zeigt außerdem die Lagebeziehung eines den Magnetowiderstandselementen gegenüberstehenden magnetischen Codierelements, Fig. 2 zeigt den Schichtaufbau und die Verbindung der Magnetowiderstandselemente, und schließlich zeigt Fig. 3 den Querschnitt des Codierers der ersten Ausführungsform.

15 In dem in Fig. 1 dargestellten Schaltkreis sind die Enden 26a und 27a von Magnetowiderstandselementen 26 und 27, deren elektrischer Widerstand sich ansprechend auf ein äußeres Magnetfeld ändert, durch einen Leiter 28 miteinander verbunden, und an den Leiter 28 ist in einem Anschlußbereich ein Ausgangsanschluß 28A gekoppelt, am anderen Ende 26b des Magnetowiderstandselements 26 ist ein Eingangsanschluß 26A ausgebildet, an dem anderen Ende 27b des Magnetowiderstandselements 27 ist ein Stromversorgungsanschluß 27A ausgebildet. In anderen Worten, der in Fig. 1 dargestellte Schaltungsaufbau besteht aus einer Serienschaltung der Magnetowiderstandselemente 26 und 27 mit einem Mittelanschlußpunkt sowie einem Ausgangsanschluß an dem einen Ende und einem Eingangsanschluß an dem anderen Ende.

20 In der Praxis ist die in Fig. 1 gezeigte Schaltung auf einer Ebene eines Substrats K ausgebildet, welches in einen in Fig. 3 dargestellten Codierer M1 eingebaut ist, wobei das Magnetowiderstandselement 26 und das Magnetowiderstandselement 27 parallel zueinander mit einem spezifischen Zwischenabstand angeordnet sind und die Orientierungen e und h der Magnetisierungsachsen der fixierten magnetischen Schichten, die weiter unten noch näher erläutert werden, und die in den Magnetowiderstandselementen 26 und 27 enthalten sind, so eingestellt sind, daß sie in ein und dieselbe Richtung weisen.

25 Der in Fig. 3 dargestellte Codierer enthält eine Drehwelle 80, ein scheibenförmiges Lagerelement 81, welches die Drehwelle 80 frei drehbar lagert, ein deckelförmiges Abdeckteil 82, welches hinten an dem Lagerelement 81 angebracht ist, ein magnetisches Codierelement 83, hinten an dem Lagerelement 81 angebracht und abgedeckt von dem Abdeckteil 82, und ein Substrat K. Das Lagerelement 81 ist z. B. eine Messingscheibe, das Abdeckteil 82 ist durch Ziehen eines Metallblechteils gebildet.

30 Die Drehwelle 80 besteht aus nichtmagnetischem Material, beispielsweise einem Harzmaterial oder nichtmagnetischem rostfreien Stahl, wobei ein Ende der Drehwelle 80 das Lagerelement 81 durchsetzt und auf dessen Rückseite vorsteht, während auf der anderen Seite das magnetische Codierelement 81 senkrecht zur Achse der Drehwelle 80 an dieser angebracht ist. Das magnetische Codierelement 83 besteht aus mehreren Magneten mit S-Polen und N-Polen, die abwechselnd so angeordnet sind, daß sie entlang dem Umfang eine Reihe bilden. Die Drehwelle 80 kann aus einer weichmagnetischen Substanz, beispielsweise Eisen, oder einer ferromagnetischen Substanz bestehen, wenn sie ausreichend weit von dem magnetischen Codierelement 83 und den Magnetowiderstandselementen 26 und 27 entfernt ist.

Das magnetische Codierelement 83 besitzt mehrere, an seinem Umfang ausgebildete Magnetpole.

35 Eine Halteplatte oder Halteplatine 86 ist parallel zu der Drehwelle 80 angeordnet und wird von einem Halteglied 85 auf der Rückseite des Lagerelements 81 gehalten. Das auf der dem magnetischen Codierelement 83 gegenüberliegenden Seite der Halteplatte 86 angeordnete Substrat trägt auf seiner einen Seite die in Fig. 1 gezeigten Magnetowiderstandselemente 26 und 27; sie sind auf der Halteplatte 26 derart fixiert, daß sie dem Umfangsbereich des magnetischen Codierelements 83 mit einem spezifischen Lückenabstand G gegenüberliegen.

40 Der Abstand (die Lücke G) zwischen dem Umfang des magnetischen Codierelements 83 und dem Substrat K wird als Abstand derart spezifiziert, daß das von dem magnetischen Codierelement 83 erzeugte Magnetfeld in ausreichender, zufriedenstellender Weise auf die Magnetowiderstandselemente 26 und 27 einwirkt, wobei der Abstand üblicherweise zwischen etwa 0,2 mm und 0,7 mm, beispielsweise bei 0,5 mm, liegt. Wenn der Spalt G kleiner als λ ist, wird die erzeugte Wellenform eine Rechteckwelle.

45 Fig. 2 veranschaulicht einen konkreten Schichtaufbau der Magnetowiderstandselemente 26 und 27 dieser Ausführungsform, wobei die Orientierungen der Magnetisierungsarten dieser Schichten in den Magnetowiderstandselementen 26 und 27 jeweils gleich sind. Die Magnetowiderstandselemente enthalten jeweils eine ferromagnetische Schicht (freie magnetische Schicht) a, eine nicht magnetische Schicht b, eine ferromagnetische Schicht (fixierte magnetische Schicht) c und eine Austausch-Vormagnetisierungsschicht (antiferromagnetische Schicht) d, die als Schichten niedergeschlagen sind, etwa gemäß der Darstellung nach Fig. 2. Die Magnetowiderstandselemente 26 und 27 sind im Grundriß vorzugsweise als schmale lineare Elemente ausgebildet. Bei der in Fig. 1 dargestellten Schaltung werden deshalb die Magnetowiderstandselemente 26 und 27 vorzugsweise linear schmal in Längsrichtung (in Fig. 1 der Vertikalrichtung) niedergeschlagen.

50 Bei dem in Fig. 2 gezeigten Schichtaufbau befinden sich die fixierten magnetischen Schichten c benachbart zu den Austausch-Vormagnetisierungsschichten d und werden von diesen bezüglich der Orientierungen der Magnetisierungsachsen festgelegt. Konkret: In dem Magnetowiderstandselement 26 werden die Orientierungen der Magnetisierungsachsen der Austausch-Vormagnetisierungsschicht d und der fixierten magnetischen Schicht c so eingestellt, daß sie gemäß Pfeil b nach rechts weisen, und im Magnetowiderstandselement 27 werden die Orientierungen der Magnetisierungsachsen der Austausch-Vormagnetisierungsschicht d und der fixierten magnetischen Schicht c so eingestellt, daß sie gemäß Pfeil h nach rechts weisen. Dementsprechend weisen die Orientierungen der Magnetisierungsachsen der fixierten magnetischen Schichten c der Magnetowiderstandselemente 26 und 27 in eine Richtung.

Fig. 5 zeigt ein Beispiel für den detaillierten Aufbau, bei dem die Schichten individuell auf dem Substrat K niedergeschlagen werden, um das Magnetowiderstandselement 26 zu bilden.

Bei diesem Beispiel besteht das Magnetowiderstandselement 26 aus einer Anordnung in Form eines gleichschenkligen Trapez', bei dem die Austausch-Vormagnetisierungsschicht d, die fixierte Magnetschicht c, eine subferromagnetische Schicht m, eine nicht magnetische Schicht b, eine subferromagnetische Schicht n und eine freie magnetische Schicht a auf einem Substrat K in dieser Reihenfolge von unten nach oben niedergeschlagen sind. Auf beiden Seiten dieser Schichtanordnung sind Leiter E1 und E2 ausgebildet, die die Schichten kontaktieren. Diese Leiter E1 und E2 sind diejenigen Leiter, die die Magnetowiderstandselemente elektrisch untereinander verbinden.

Bei dem in Fig. 5 dargestellten Aufbau sind die subferromagnetischen Schichten m und n vorgesehen, um den magnetoresistiven Effekt zu steigern, der durch ferromagnetische Substanzen entsteht, so z. B. durch Co, eine Co-Legierung oder dergleichen. Allerdings kann man die subferromagnetischen Schichten auch weglassen. Die Austausch-Vormagnetisierungsschicht d, die fixierte magnetische Schicht c, die subferromagnetische Schicht m, die nicht magnetische Schicht b, die subferromagnetische Schicht n und die freie magnetische Schicht a können bei ihrem Niederschlagen auf dem Substrat auch in umgekehrter Reihenfolge angeordnet werden.

Was einen konkreten Schichtaufbau der Magnetwiderstandselemente angeht, so wird z. B. folgender Aufbau bevorzugt: α - Fe_2O_3 -Schicht (Austausch-Vormagnetisierungsschicht)/NiFe-Schicht (fixierte magnetische Schicht)/Co-Schicht (subferromagnetische Schicht)/Cu-Schicht (nicht magnetische Schicht)/Co-Schicht (subferromagnetische Schicht)/NiFe-Schicht (freie magnetische Schicht). Unter der α - Fe_2O_3 -Schicht kann bei Bedarf als Strom-Nebenschluß eine Al_2O_3 -Schicht ausgebildet werden. Zusätzlich zu dem oben erläuterten Aufbau kann eine Schichtstruktur vorgesehen werden, die folgende Reihenfolge besitzt: α - Fe_2O_3 -Schicht/Co-Schicht/Cu-Schicht/Co-Schicht/Ni-Fe-Schicht/Co-Schicht/Cu-Schicht/Co-Schicht/ α - Fe_2O_3 -Schicht. Die Austausch-Vormagnetisierungsschicht kann aus irgendeinem Werkstoff hergestellt sein, solange die Orientierung der Magnetisierungsschicht der fixierten magnetischen Schicht, die der Austausch-Vormagnetisierungsschicht benachbart ist, festgelegt werden kann. Zusätzlich zu der α - Fe_2O_3 -Schicht kann eine FeMn-Schicht, eine NiMn-Schicht, eine NiO-Schicht, eine IrMn-Schicht, eine CrPtMn-Schicht, eine PdPtMn-Schicht, eine MnRhRu-Schicht, eine PtMn-Schicht etc. verwendet werden.

Als nächstes ist in dem in Fig. 1 gezeigten Beispiel der Mittenabstand (der Abstand zwischen N-Pol und S-Pol: λ) der Polarisierung so spezifiziert, daß er dem Spalt D zwischen den Magnetowiderstandselementen 26 und 27 entspricht. Vorzugsweise wird die Beziehung so eingestellt, daß der Mittenabstand A der Polarisierung mit dem Spalt D zwischen den Magnetowiderstandselementen 26 und 27 durch folgende Gleichung (1) verknüpft ist:

$$D = 2n\lambda + \lambda \quad (n = 0 \text{ und eine natürliche Zahl}) \quad (1)$$

Außerdem besteht die Möglichkeit, daß die Beziehung des Mittenabstands λ der Polarisierung und dem Abstand D die Gleichung (1) nicht exakt erfüllt, sondern daß eine Abweichung von etwa 20% möglich ist. Wenn bei dem Drehcodierer M1, der den in den Fig. 1 bis 4 dargestellten Aufbau hat, die Drehwelle 80 gedreht wird und eine Spannung über den Eingangsanschluß 26A an die Schaltung gelegt wird, so zeigt sich, wenn eine Spannung zwischen dem Ausgangsanschluß 28A und dem Masseanschluß 27A gemessen wird, daß der elektrische Widerstand der Magnetowiderstandselemente 26 und 27 durch die Einwirkung des Magnetfeldes schwankt, wobei die Spannungsänderung des Mittelpunkts entsprechend der Widerstandsänderung gemessen werden kann. Die erhaltene Wellenform entspricht näherungsweise einer Rechteckwelle, wie sie in Fig. 14 gezeigt ist, und die einer A/D-Umsetzung unterzogen wird, um sie in eine exakte Eckwelle umzuwandeln. Auf diese Weise läßt sich der Drehwinkel der Drehwelle 80 erfassen, und man kann den Schaltungsaufbau als Drehcodierer verwenden.

Da der Aufbau von den Magnetowiderstandselementen 26 und 27 Gebrauch macht, kann der Codierer die Änderung des Widerstands für den Drehwinkel nachweis heranziehen. Man kann mit Hilfe dieser Bauelemente ein starkes Ausgangssignal in Form einer Rechteckwelle gewinnen.

Fig. 6A zeigt die Widerstandsänderung eines Magnetowiderstandselements, wenn ein Magnetfeld auf die für den Drehcodierer des oben beschriebenen Aufbaus verwendeten Magnetowiderstandselemente senkrecht zu ihrer Erstreckungsrichtung, d. h. in Magnetisierungsrichtung der fixierten magnetischen Schicht, einwirkt. Die Orientierung der Magnetisierung der fixierten magnetischen Schicht ist auf der Minusseite der Magnetfeldstärke dargestellt, und die entgegengesetzte Richtung, in der das Magnetfeld angelegt wird, ist auf der Plus-Seite der Magnetfeldstärke dargestellt.

Fig. 6B zeigt für das Layout der Magnetowiderstandselemente eine Verteilung der magnetischen Feldstärke durch das magnetische Codierelement senkrecht zu der Richtung, in der das jeweilige Magnetowiderstandselement ausgebildet ist, wobei die Werte der magnetischen Feldstärke H0 bzw. -H0 in Fig. 6A dargestellt sind.

Fig. 7A veranschaulicht die Lagebeziehung zwischen dem magnetischen Codierelement und den Magnetowiderstandselementen 26 und 27. Fig. 7B zeigt den Widerstand des Magnetowiderstandselements 26, wenn sich das magnetische Codierelement dreht. Fig. 7C zeigt den Widerstand des Magnetowiderstandselements 27. Fig. 7D zeigt das Ausgangssignal des Codierers.

Der Grund dafür, daß das in Fig. 7 dargestellte Ausgangssignal in dieser Form erhalten wird, soll im folgenden erläutert werden. Da die Magnetowiderstandselemente 26 und 27 dem magnetischen Codierelement 83 in der in Fig. 4 dargestellten Weise gegenüberliegen und senkrecht zur Drehrichtung angeordnet sind, kann man das an das jeweilige Magnetowiderstandselement angelegte Magnetfeld als Vektorsumme von Magnetfeldern in Schichtdicken-Richtung und der Magnetisierungs-Richtung der fixierten magnetischen Schicht auffassen. Da die Magnetfeldkomponenten in Richtung der Schichtdicke des betreffenden Magnetowiderstandselements 26 und 27 praktisch keinen Einfluß auf das Ausgangssignal haben, können sie vernachlässigt werden. Das zu dem Ausgangssignal des betreffenden Magnetowiderstandselements 26 und 27 in Beziehung stehende Magnetfeld kann man als die in Fig. 6B dargestellte magnetische Komponente auffassen.

Dementsprechend steigt zunächst in einem Bereich, in welchem das Magnetowiderstandselement 26 den Punkt A des magnetischen Codierelements 83 gemäß Fig. 7A gegenüberliegt, die Feldstärke von -H0 auf +H0 an, wie in Fig. 6B er-

sichtlich ist. Da gemäß Fig. 6A der Widerstand der Kennlinie P entspricht, steigt der Widerstand von L auf H an, und zwar an einer bezüglich des Punkts A etwas versetzten Stelle.

Als nächstes nimmt in einem Bereich, in welchem das Magnetowiderstandselement 26 dem Punkt B des magnetischen Codierelements 83 bei Drehung im Uhrzeigersinn gegenüberliegt, die Magnetfeldstärke von +H0 auf -H0 ab, wie deutlich in Fig. 6B zu erkennen ist. Da der Widerstand gemäß Fig. 6A den Verlauf Q hat, fällt der Widerstand an einer bezüglich des Punkts B etwas versetzten Stelle von H auf L ab.

In der gleichen Weise zeigen auch die Punkte C und D die gleichen Effekte der Änderung des Widerstands gemäß Fig. 7B. Die Magnetowiderstandselemente 26 und 27 sind derart ausgebildet, daß die Werte für +H0 und -H0 extrem klein werden.

Bei dem Magnetowiderstandselement 27 ergibt sich die gleiche Widerstandsänderung, wie sie in Fig. 7C gezeigt ist, während sich das magnetische Codierelement 83 dreht.

Das Ausgangssignal wird hier ausgedrückt durch "Versorgungsspannung \times Widerstand des Magnetowiderstandselements 26 / (Widerstandswert des Magnetowiderstandselements 26 + Widerstandswert des Magnetowiderstandselements 27)". Da die Magnetowiderstandselemente 26 und 27 einen Abstand λ bilden, kann man den Wert des Nenners als nahezu konstant betrachten, und man erhält das in Fig. 7D dargestellte Ausgangssignal. Der durch die obige Gleichung ausgedrückte Wert des Ausgangssignals macht es außerdem möglich, den Wert für "hoch" der Versorgungsspannung anzunähern, während der Wert für "niedrig" dem Massepotential angenähert wird, anders als bei einer Schaltungsanordnung, bei der von einem konstanten Widerstand Gebrauch gemacht wird.

Fig. 8 zeigt den Schaltungsaufbau von Magnetowiderstandselementen, die einen Drehcodierer nach einer zweiten Ausführungsform bilden. Bei diesem Schaltungsaufbau werden die Magnetowiderstandselemente 40 und 41 auf dem in Fig. 3 dargestellten Substrat K in der gleichen Weise wie bei der ersten Ausführungsform ausgebildet, allerdings weicht die Konfiguration dieser Elemente von jener Ausführungsform teilweise ab.

Ein Ende 41a des Magnetowiderstandselements 41 ist mit einem Ende 40a des Magnetowiderstandselements 40 über einen Leiter 42 verbunden, an den auch ein Ausgangsanschluß 43 gekoppelt ist, während ein Masseanschluß 44 an das andere Ende 40b des Magnetowiderstandselements 40 angeschlossen und ein Stromversorgungsanschluß 45 an dem anderen Anschluß 41b des Magnetowiderstandselements 41 ausgebildet ist.

Der in Fig. 8 dargestellte Schaltungsaufbau entspricht jenem nach Fig. 1 insoweit, als das vom Mittelpunkt der Magnetowiderstandselemente gewonnene Ausgangssignal paarweise zusammengefaßt wird. Der Schaltungsaufbau nach Fig. 8 liefert also die gleichen Effekte als Codierer wie das oben beschriebene Ausführungsbeispiel.

Fig. 9 zeigt den Schaltungsaufbau von Magnetowiderstandselementen eines Drehcodierers gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung. Fig. 10 ist eine schematische Darstellung, die das grundlegende Konzept der Schaltung veranschaulicht, und Fig. 11 ist eine Draufsicht, die die Topologie der Magnetowiderstandselemente zeigt, die auf einem Substrat K3 ausgebildet sind.

Das in dem Codierer der dritten Ausführungsform verwendete Substrat K3 enthält ein erstes, ein zweites, ein drittes und ein viertes Magnetowiderstandselement 31, 32, 33 bzw. 34; die in dieser Reihenfolge von links nach rechts in Fig. 10 angeordnet sind.

Sämtliche Magnetowiderstandselemente 31 bis 34 bestehen aus einem Dünnschichtlaminat, wie weiter unten beschrieben wird, und sie sind als lineare schmale Bauelemente ausgebildet.

Fig. 10 zeigt den konkreten Schichtaufbau der Magnetwiderstandselemente 31, 32, 33 und 34 dieser Ausführungsform, außerdem die Orientierungen oder Richtungen der Magnetisierungsachsen der einzelnen Schichten, die bei den Magnetowiderstandselementen 31 bis 34 jeweils identisch sind. Jedes Magnetowiderstandselement besitzt eine ferromagnetische Schicht (eine freie magnetische Schicht) a, eine nicht magnetische Schicht b, eine ferromagnetische Schicht (fixierte magnetische Schicht) c und eine Austausch-Vormagnetisierungsschicht d, die gemäß Fig. 10 übereinandergeschichtet niedergeschlagen sind.

Der in Fig. 10 gezeigte Schichtaufbau enthält die Magnetowiderstandselemente 31 bis 34 mit Orientierungen der Magnetisierungsachsen der Austausch-Vormagnetisierungsschichten d und der fixierten magnetischen Schichten c, wie sie durch Pfeile e, f, g und h angegeben sind.

Die Magnetisierungsachsen der freien magnetischen Schichten a der vier Magnetowiderstandselemente 31 bis 34 weisen gemäß Fig. 1 nach hinten entsprechend den Pfeilrichtungen k, jeweils senkrecht zu den Orientierungen der Magnetisierungsachsen der fixierten magnetischen Schichten c, wenn kein äußeres Magnetfeld angelegt wird. Eine Seite 31a des ersten Magnetowiderstandselements 31 ist mit der anderen Seite 32b des zweiten magnetischen Widerstandselements 32 über einen Leiter 52 verbunden, der ein Verbindungsteil darstellt, und mit dem Leiter 52 ist ein Ausgangsanschluß 53 gekoppelt. In der gleichen Weise ist eine Seite 32a des zweiten Magnetowiderstandselements 32 mit einer Seite 34a des vierten Magnetowiderstandselements 34 über einen Leiter 55 verbunden, der ein Verbindungsteil darstellt, und an den Leiter 55 ist ein Ausgangsanschluß 56 gekoppelt. Die andere Seite 31b des ersten Magnetowiderstandselements 31 ist mit einer Seite 33a des dritten Magnetowiderstandselements 33 über einen Leiter 60 verbunden, der ein Verbindungsteil darstellt, und an den ein Ausgangsanschluß 61 gekoppelt ist. In der gleichen Weise ist die andere Seite 33b des dritten Magnetowiderstandselements 33 mit der anderen Seite 34b des vierten Magnetowiderstandselements 34 über einen Leiter 62 verbunden, der ein Verbindungsteil darstellt, wobei an den Leiter 62 ein Eingangsanschluß 63 gekoppelt ist.

Fig. 11 zeigt ein Beispiel eines Aufbaus, bei dem die Magnetowiderstandselemente 31 bis 34, die den in Fig. 9 und Fig. 10 dargestellten Grundaufbau haben, zusammen mit den Leitern 53, 55, 60 und 62, die aus Cr, Cu oder einem anderen leitenden metallischen Werkstoff bestehen, und mit den Anschlüssen 53, 56, 61 und 63 auf dem Substrat K3 schichtweise ausgebildet sind.

Bei diesem Aufbau besteht das Substrat K3 aus einem nichtmagnetischen Isolierstoff, beispielsweise Silicium oder dergleichen. Normalerweise liegt auf der Oberseite des Substrats K1 eine Substratschicht aus Al_2O_3 oder dergleichen, um die Oberseite des Substrats flach zu machen und die Isolierung zu verbessern.

Der in Fig. 11 dargestellte Codierer liefert ein zweiphasiges Ausgangssignal mit einer Schaltungskonfiguration, bei

der ein Paar von Magnetowiderstandselementen der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform zusätzlich parallel mit dem halben Lückenabstand D (vgl. Gleichung (1)) vorgeschen ist. Die grundlegende Betriebs-Theorie ist die gleiche, wie sie in Verbindung mit Fig. 6 und Fig. 7 erläutert wurde, eine nochmalige Beschreibung erfolgt nicht. Was den wesentlichen Arbeitsablauf angeht, arbeitet die Anordnung folgendermaßen: Wenn der Punkt A1 (der Mittelpunkt des S-Pols) des magnetischen Codierelements 83 sich dreht und eine Position gerade oberhalb des Magnetowiderstandselements 32 einnimmt, wird ein nach rechts gerichtetes Magnetfeld auf das Magnetowiderstandselement 31 ausgeübt, und ein nach links weisendes Magnetfeld wird auf das Magnetowiderstandselement 33 ausgeübt.

Da die Orientierung der Magnetisierungsachse der fixierten magnetischen Schicht c nach rechts und mithin in dieselbe Richtung weist wie das Magnetfeld, welches auf das Magnetowiderstandselement 31 einwirkt, hat der Widerstandswert ein Minimum, wie oben ausgeführt wurde. Da das nach links gerichtete Magnetfeld auf das Magnetowiderstandselement 33 einwirkt, zeigt der Widerstandswert ein Maximum. Wenn also z. B. eine Spannung von 5 V angelegt wird, und das Ausgangssignal von dem Anschluß 61 als Mittelpunkt der Magnetowiderstandselemente 31 und 33 abgegriffen wird, so hat das Ausgangssignal einen Wert von 2,5 V, was sich durch die Relation (Ausgangssignal des Elements 31) > (Ausgangssignal des Elements 33) ergibt. Wenn dann der Punkt C1 an die Stelle oberhalb des Magnetowiderstandselements 32 kommt, ist das Magnetfeld entgegengesetzt zu dem oben geschilderten Fall orientiert, und das Ausgangssignals am Mittelanschluß 61 wird größer als 2,5 V, entsprechend der Relation (Ausgangssignal des Elements 31) > (Ausgangssignal des Elements 33).

Die nachstehende Tabelle 1 zeigt diese Ausgangszustände an den Punkten des magnetischen Codierelements und den Magnetowiderstandselementen 31, 32, 33 und 34.

Tabelle 1

Position des magnetischen Codierelements über	Widerstand (L: Minimum, M: Mittel, H: Maximum)				
Element 32	Element 31	Element 32	Element 33	Element 34	
um den Punkt A1	L	M	H	M	
um den Punkt B1	M	H	M	L	
um den Punkt C1	H	M	L	M	
um den Punkt D1	M	L	M	H	
um den Punkt E1	L	M	H	M	

Wenn die Relation gemäß obiger Tabelle 1 erfüllt ist, liefert der Mittelpunkt der Reihenschaltung zwei Ausgangswellenformen mit einer Phasenverschiebung von 1/2, wobei es sich annähert um eine Rechteckwelle handelt, wie sie in Fig. 7D gezeigt ist. Die Wellenformen sind jeweils so beschaffen, daß Rechteckwellen miteinander verglichen werden. Der Vergleich der Anstiegszeit der einen Rechteckwelle mit der Anstiegszeit der anderen Rechteckwelle ermöglicht den Nachweis der Drehrichtung des magnetischen Codierelements.

Fig. 12 zeigt den wesentlichen Bestandteil der vierten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Drehcodierers. Der Drehcodierer nach dieser Ausführungsform enthält Magnetowiderstandselemente 70 und 71, die parallel zueinander und mit gleicher Richtung der Magnetisierungsachsen der fixierten magnetischen Schichten und mit dem der Polarisations-Schrittweite des magnetischen Codierelements 83 entsprechenden Abstand angeordnet sind, einen Verstärker 72, der an die Enden 70a und 71a der Magnetowiderstandselemente 70 und 71 angeschlossen ist, Masseleitungen 73 mit einem festen Widerstand R, und Eingangsanschlüssen, die durch die anderen Enden der Magnetowiderstandselemente 70 und 71 gebildet werden, so daß der Codierer das Differenz-Ausgangssignal von den Magnetowiderstandselementen 70 und 71 verstärken kann.

Da der Drehcodierer mit dem in Fig. 12 dargestellten Aufbau das Differenz-Ausgangssignal der beiden Magnetowiderstandselemente 70 und 71 liefert, kann der Drehcodierer den Drehzustand des magnetischen Codierelements 83 in der gleichen Weise wie der in Fig. 1 oder Fig. 9 dargestellte Drehcodierer erfassen. Der Schaltungsaufbau mit dem Differenzverstärker gemäß Fig. 12 liefert ein verstärktes Ausgangssignal.

Im folgenden wird das Verfahren zum Festlegen der Magnetisierungsachsen der fixierten magnetischen Schichten c in den Magnetowiderstandselementen auf dem Substrat K3 der dritten Ausführungsform erläutert.

Um die Orientierungen der Magnetisierungsachsen der fixierten magnetischen Schichten c festzulegen, müssen die Austausch-Vormagnetisierungsschichten d, die z. B. aus $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ bestehen, in eine spezifische Richtung polarisiert werden. Um dies zu erreichen, wird eine hohle Spule 77 verwendet, die aus einem Leiter gebildet ist, der so bemessen ist, daß das Substrat K3 ungehindert in seinen Innenraum gebracht werden kann, wie in Fig. 13 angedeutet ist. Das Substrat K3 wird in die Mitte der hohlen Spule 77 gebracht, wobei die Längsrichtung der Magnetowiderstandselemente 31, 32, 33 und 34 auf dem Substrat K3 senkrecht bezüglich der Längsrichtung der hohlen Spule 77 eingestellt wird. In diesem Zustand wird durch die hohle Spule 77 ein Strom geleitet. Hierdurch bildet sich ein gleichförmiges Magnetfeld in Pfeilrichtung Y in Fig. 13 aus, so daß die Austausch-Vormagnetisierungsschichten d in eine Richtung polarisiert werden können.

Wenn die Austausch-Vormagnetisierungsschichten d aus $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, NiO, IrMn oder CrPtMn bestehen, können sie durch Aufprägen solcher Magnetfelder unmittelbar polarisiert werden. Wird allerdings als Material für die Austausch-Vormagnetisierungsschichten d NiMn, PdPtMn, MnRhRu und PtMn ausgewählt, so wird der Polarisierungsvorgang komplizierter, da – wie erwähnt – die Austausch-Vormagnetisierungsschichten erst nach Erhitzung auf eine oberhalb der Sperrtemperatur liegende Temperatur polarisiert werden können. Im Rahmen der Erfindung ist allerdings auch die Verwendung der letztgenannten Stoffe möglich.

Beispiele

Es wurde auf einem Substrat mit dem oben beschriebenen Grundaufbau eine Anordnung der vier linearen Magnetowiderstandselemente mit jeweils einer Breite von 0,05 mm und einer Länge von 1,5 mm ausgebildet, wobei als Substrat ein Siliciumsubstrat mit einer Länge von 3,6 mm, einer Breite von 3,6 mm und einer Dicke von 0,5 mm verwendet wurde, so daß die in Fig. 8 dargestellte Parallel-Anordnung erhalten wurde.

Jedes der Magnetowiderstandselemente auf dem Substrat besaß eine achtlagige Schichtenstruktur folgender Form: Al_2O_3 Schicht (1000 Å dick)/ $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ -Schicht (1000 Å dick)/NiFe-Schicht (30 Å dick)/Co-Schicht (10 Å dick)/Cu-Schicht (22 Å dick)/Co-Schicht (10 Å dick)/NiFe-Schicht (77 Å dick)/Ta-Schicht (30 Å dick). Die Leiter zum Verbinden der Enden der Magnetowiderstandselemente wurden durch Cr-Schichten gebildet, die Verschaltung erfolgte gemäß Fig. 11.

Als nächstes wurde das Substrat in die Mitte einer hohlen Kupferspule mit einem Innendurchmesser von 50 mm und einer Länge von 500 mm eingebracht, so daß die Längsrichtung der Magnetowiderstandselemente senkrecht zu der Richtung der Mittelachse der hohlen Spule verlief. Dann wurden Gleichströme mit einer Stärke von 3 kA für mehrere Sekunden durch die hohle Spule geleitet, um die Austausch-Vormagnetisierungsschichten zu polarisieren und dadurch die Orientierungen der Magnetisierungsachsen der fixierten magnetischen Schichten festzulegen. Die Hohlspule muß derart bemessen sein, daß das Substrat in ihr Platz hat, und es muß ein Magnetfeld in gleichförmiger Richtung auf dem Substrat vorhanden sein (das entspricht etwa dem 10fachen der Größe des Substrats).

Dieses Substrat wurde in den in Fig. 3 gezeigten Drehcodierer eingebaut. Ein scheibenförmiges magnetisches Codierelement wurde mit einem Abstand von 0,5 mm gegenüber der Oberfläche des Substrats angeordnet. An dem Eingangsanschluß des Substrats wurde eine Spannung von 5 V angelegt, um die Spannung an dem Ausgangsanschluß zu messen. Das magnetische Codierelement wurde mit einer Frequenz von 2 Umdrehungen pro Sekunde gedreht. Der Durchmesser des scheibenförmigen magnetischen Codierelements betrug 12,7 mm, der Polabstand betrug 0,71 mm, der Mittenabstand der Magnetowiderstandselemente betrug 0,72 mm.

Als Ergebnis wurde die in Fig. 14 dargestellte Rechteckwelle als Ausgangssignal erhalten, wodurch bestätigt war, daß der Drehcodierer eine gute und brauchbare Wellenform liefert.

Fig. 15 zeigt eine Ausgangswellenform für den Fall, daß der Abstand zwischen den Magnetowiderstandselementen um 20% gegenüber dem Polabstand des magnetischen Codierelements erhöht wird. Das heißt, es wird eine Ausgangswellenform von dem Drehcodierer erhalten, bei dem die Magnetowiderstandselemente auf dem Substrat mit einem Abstand angeordnet sind, der dem 1,2fachen des Polabstands λ entspricht. Die Bedingungen sind – abgesehen von dem Abstand zwischen den Magnetowiderstandselementen – die gleichen wie bei dem vorhergehenden Beispiel. Der Abstand wurde auf 1,4 mm eingestellt.

Wie aus der in Fig. 15 dargestellten Ausgangssignal-Wellenform ersichtlich ist, wird auch bei Abweichung des Polabstands um 20% gegenüber dem Abstand zwischen den Magnetowiderstandselementen ein Drehcodierer erhalten, der ein Rechteck-Ausgangssignal liefert. Die in Fig. 15 gezeigte Wellenform ist etwas verzerrt und enthält Rauschteile. Allerdings bleibt die Form der Rechteckwelle selbst erhalten. Die verzerrte Welle läßt sich in zufriedenstellender Weise als Ausgangssignal des Drehcodierers nutzen.

Dieses Ergebnis zeigt, daß auch dann, wenn die Relation des Polabstands des magnetischen Codierelements zu dem Abstand zwischen den Magnetowiderstandselementen, die vorzugsweise der obigen Gleichung (1) entspricht, gegenüber dieser Gleichung (1) etwa 20% verändert wird, keine Schwierigkeiten im Anwendungsfall entstehen.

Wie oben ausgeführt wurde, kann der erfindungsgemäße Codierer präzise die Richtung und/oder den Drehwinkel des magnetischen Codierelements erfassen, der Codierer kann folglich bei einem kontaktfreien Drehschalter eingesetzt werden, z. B. einem Lautstärkeregler oder dergleichen.

Gemäß obiger Beschreibung wird in einem erfindungsgemäßen Drehcodierer mindestens ein Paar von Magnetowiderstandselementen auf einem Substrat ausgebildet, die die fixierten magnetischen Schichten enthalten, bei denen die Magnetisierungsachsen Orientierungen haben, die in der gleichen Richtung parallel zueinander verlaufen. Das magnetische Codierelement mit seinen Polen ist drehbar so angeordnet, daß es den Magnetowiderstandselementen gegenüberliegt, deshalb kann man eine Rechteckwellenform erhalten, wenn man die Spannungsschwankung am Mittelpunkt des Paares der Magnetowiderstandselemente mißt, wobei die Wellenform dem Drehwinkel des magnetischen Codierelements entspricht. Mit dieser Schaltung kann man den Drehzustand des magnetischen Codierelements erfassen, so daß sich die Anordnung als Drehcodierer verwenden läßt. Durch Verwendung der Magnetowiderstandselemente mit dem "Riesenmagnetoresistenzeffekt" kann man starke Widerstandsänderungen erreichen.

Da der Schaltungsaufbau die Möglichkeit bietet, die Austausch-Vormagnetisierungsschichten des ersten, des zweiten, des dritten und des vierten Magnetowiderstandselements mit ein und demselben Magnetfeld in der gleichen Richtung gleichzeitig zu polarisieren, wird das Substrat z. B. in das Innere einer Hohlspule eingebracht, und durch die Hohlspule wird ein Strom geleitet, der die vier Magnetowiderstandselemente gleichzeitig polarisiert und die vier Orientierungen der Magnetisierungsachsen der fixierten magnetischen Schichten gleichzeitig festlegt.

Der erfindungsgemäße Aufbau macht den Polarisierungsvorgang ausgesprochen einfach im Vergleich zum Stand der Technik, wo vier unterschiedliche Polarisierungsrichtungen erforderlich sind. Durch die Erfindung wird eine hohe Produktivität erreicht.

Patentansprüche

1. Codierer mit Riesenmagnetoresistenzeffekt-Elementen, im folgenden als Magnetowiderstandselemente bezeichnet, umfassend mindestens ein Paar Magnetowiderstandselemente, die mindestens Austausch-Vormagnetisierungsschicht (d), fixierte magnetische Schichten (c), bei denen die Orientierung der Magnetisierungsachsen von den Austausch-Vormagnetisierungsschichten auf eine Richtung festgelegt wird, nicht magnetische Schichten (b) und freie magnetische Schichten (a), bei denen die Orientierung der Magnetisierungsachsen durch ein äußeres Magnetfeld

frei drehbar ist, aufweisen, wobei

die Magnetowiderstandselemente (26, 27; 40, 41; 31-34; 70, 71) paarweise auf einem Substrat in einem Zustand ausgebildet sind, in welchem die Elemente untereinander elektrisch verbunden sind, wobei die Orientierungen der Magnetisierungsachsen der fixierten magnetischen Schichten parallel zueinander in die gleiche Richtung weisen, und

ein magnetisches Codierelement (83) drehbar so angeordnet ist, daß es den Magnetowiderstandselementen auf dem Substrat gegenüberliegt, wobei das magnetische Codierelement mehrere Magnetpole aufweist, die entlang seiner Drehrichtung angeordnet sind.

2. Codierer nach Anspruch 1, bei dem ein Ausgangsanschluß (z. B. 28A) an einer Stelle ausgebildet ist, an der ein Ende (27a) eines der Magnetowiderstandselemente paarweise mit einem Ende eines anderen Magnetowiderstandselements verbunden ist, wobei Eingangsanschlüsse jeweils an dem anderen Ende des einen und des anderen Magnetowiderstandselements ausgebildet sind.

3. Codierer nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das magnetische Codierelement (83) in Form einer Scheibe ausgebildet ist, mehrere verschiedene Magnetpole abwechselnd mit einem spezifischen Mittenabstand am Umfang des magnetischen Codierelements ausgebildet sind, und das magnetische Codierelement frei drehbar mit einem spezifischen Lückenabstand gegenüber dem Substrat gelagert ist, so daß der Umfang des magnetischen Codierelements den Magnetowiderstandselementen gegenüberliegt.

4. Codierer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem ein Zwischenabstand zwischen den paarweisen Magnetowiderstandselementen eine solche Relation aufweist, daß, wenn der Mittenabstand zwischen N-Pol und S-Pol des magnetischen Codierelements λ beträgt, der folgende Ausdruck erfüllt ist: $2n\lambda + \lambda$, wobei n eine natürliche Zahl ist.

5. Codierer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein erstes, ein zweites, ein drittes und ein viertes Magnetowiderstandselement (31-34) in einer Linie auf dem Substrat parallel zueinander mit einem spezifischen Zwischenabstand ausgebildet sind, wobei der Zwischenabstand zwischen den Magnetowiderstandselementen eine Beziehung gemäß folgendem Ausdruck aufweist, wenn der Pol-Mittenabstand an dem magnetischen Codierelement λ beträgt und n eine natürliche Zahl ist: $2n\lambda + \lambda$.

6. Codierer nach Anspruch 5, bei dem an den Verbindungsteilen des ersten, des zweiten, des dritten und des vierten Magnetowiderstandselements zwei Teile für Eingangsanschlüsse vorgesehen sind, wobei die übrigen beiden Verbindungsteile Ausgangsanschlüsse aufweisen.

Hierzu 11 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

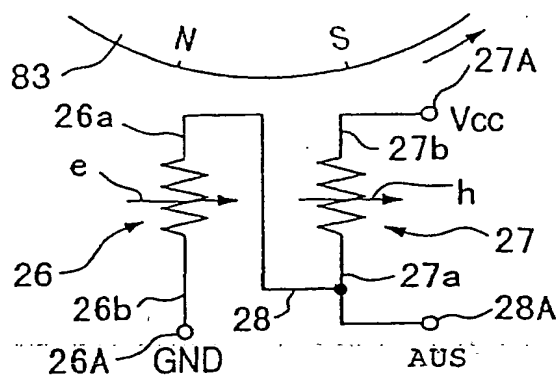


FIG. 2

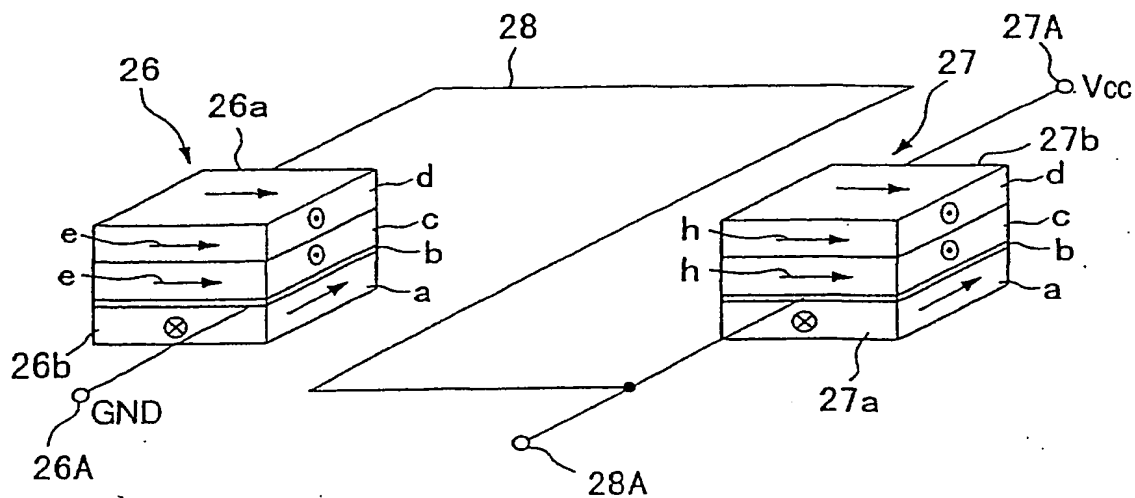


FIG. 3

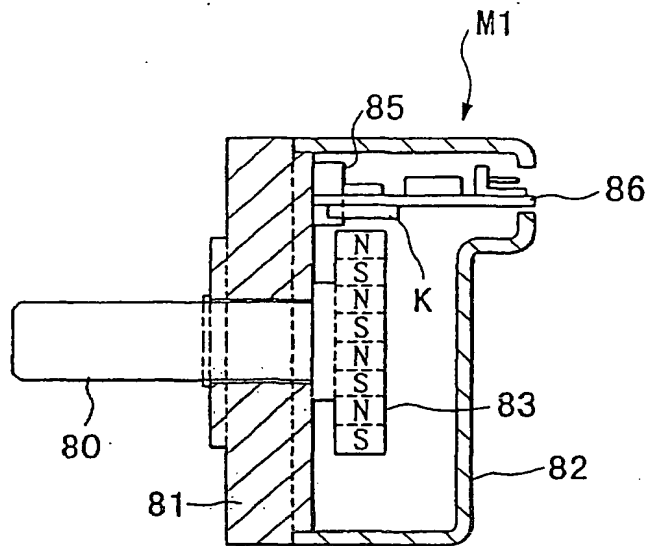


FIG. 4

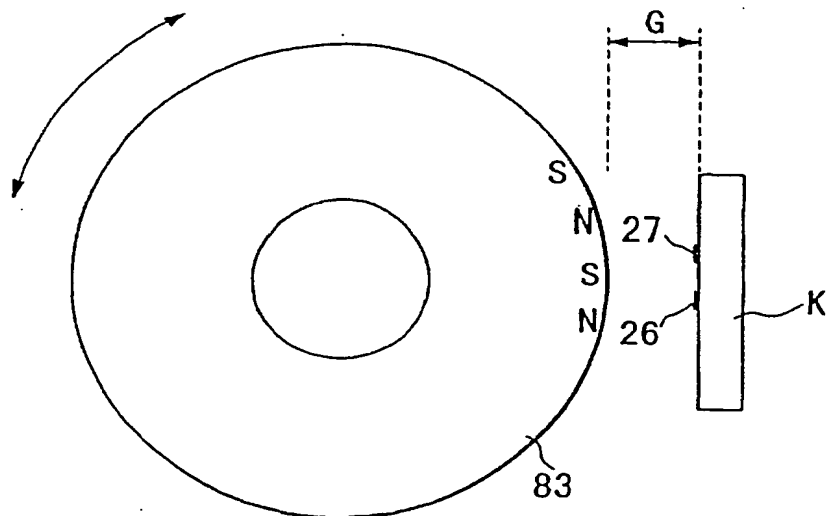


FIG. 5

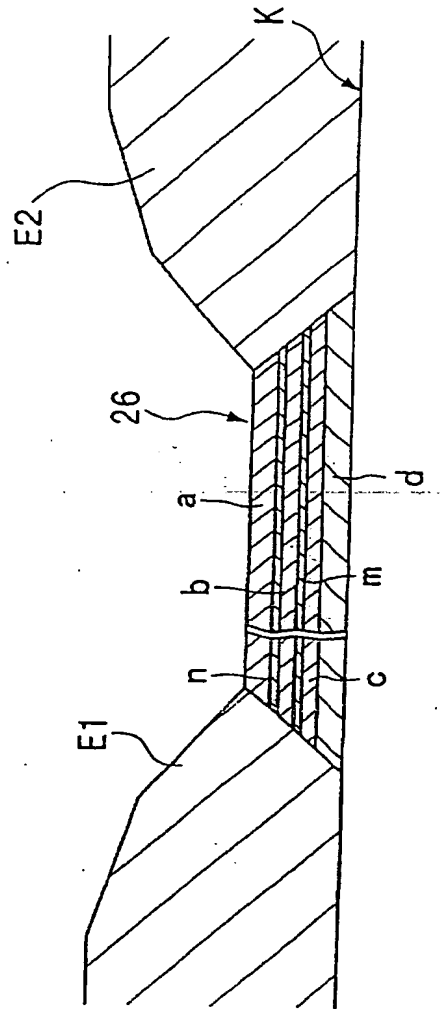


FIG. 6A

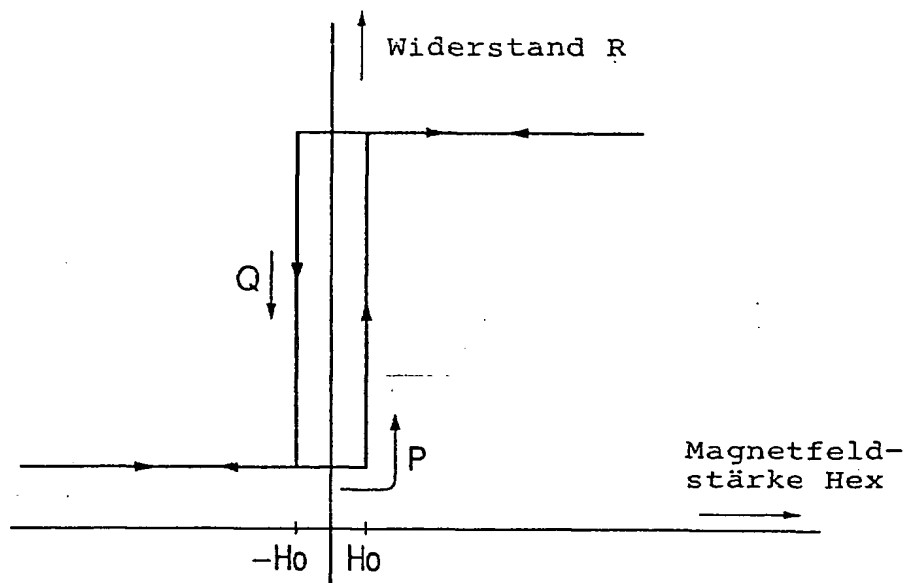


FIG. 6B

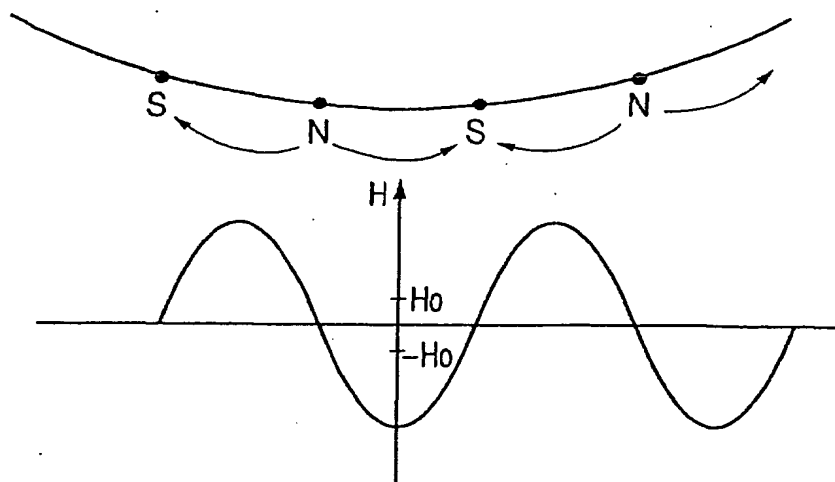


FIG. 7A

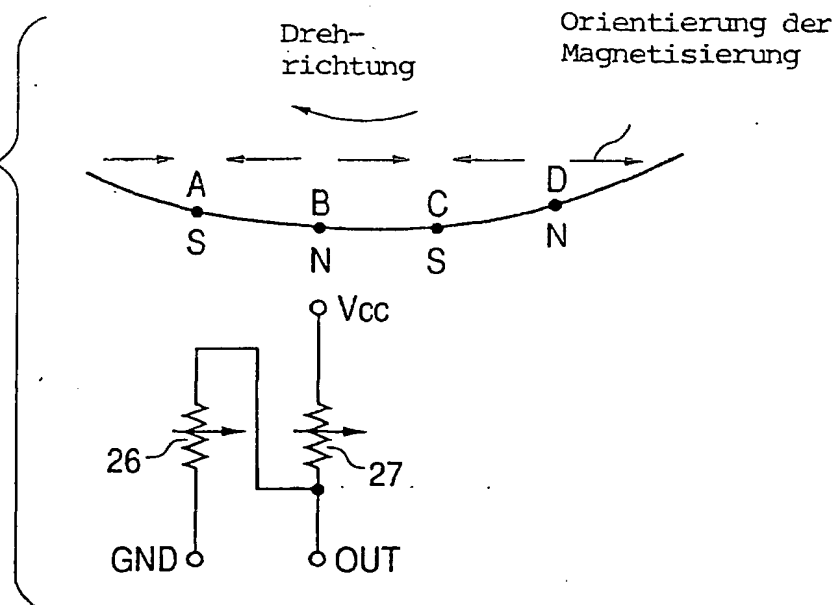


FIG. 7B

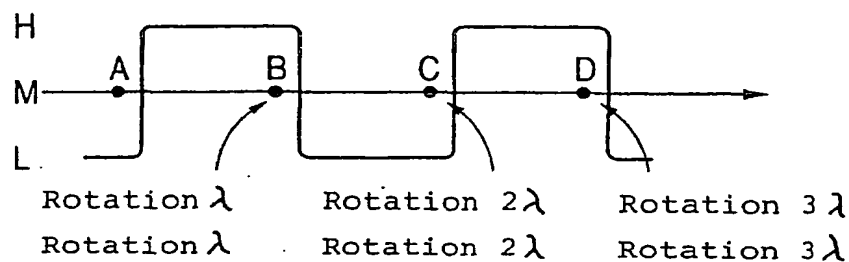


FIG. 7C

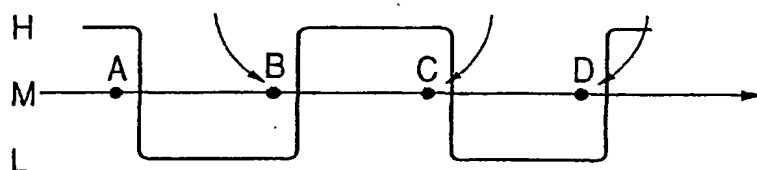


FIG. 7D

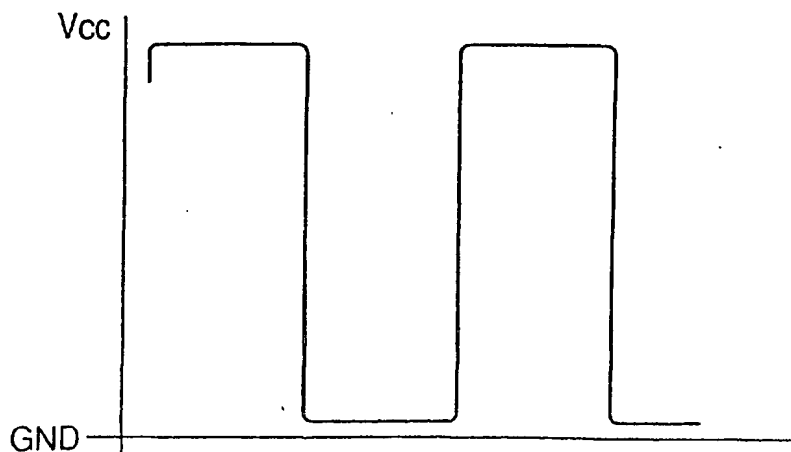


FIG. 8

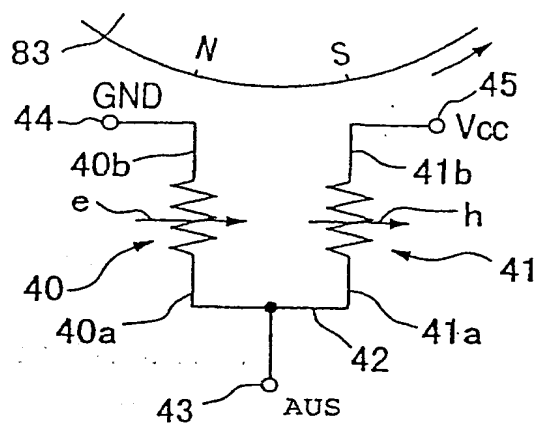


FIG. 9

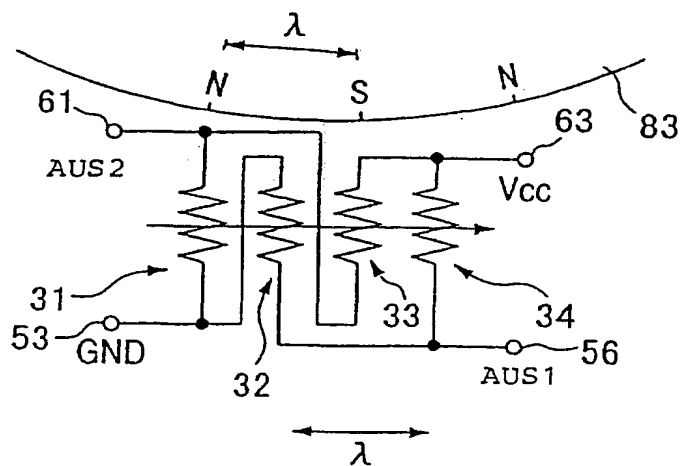


FIG. 10

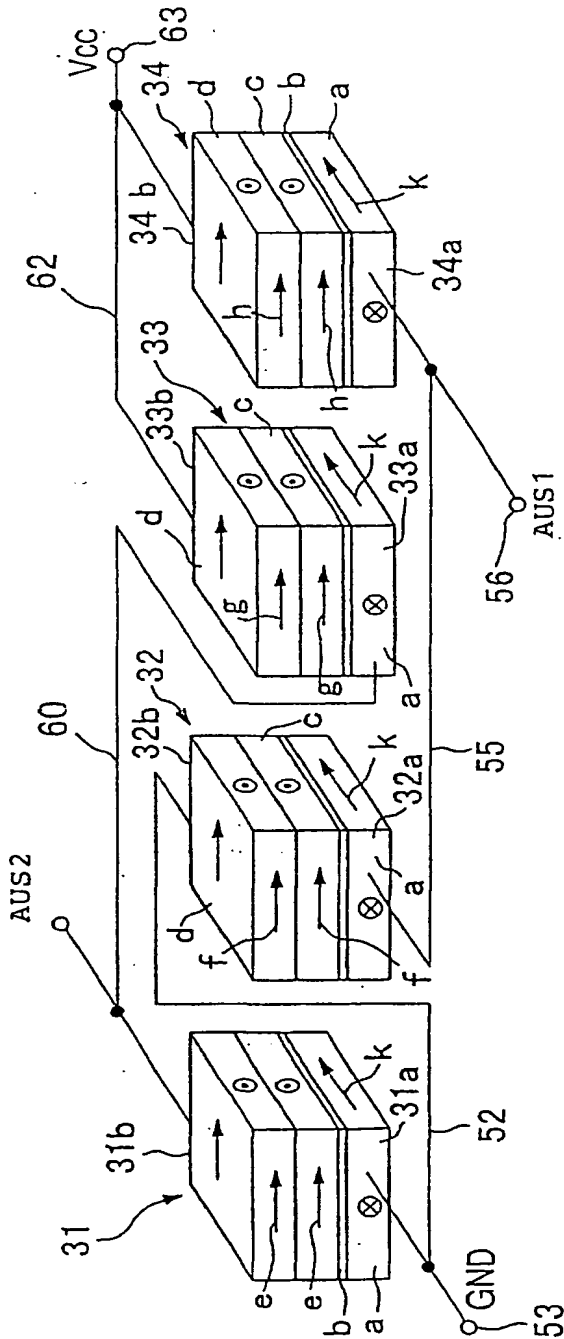


FIG. 11

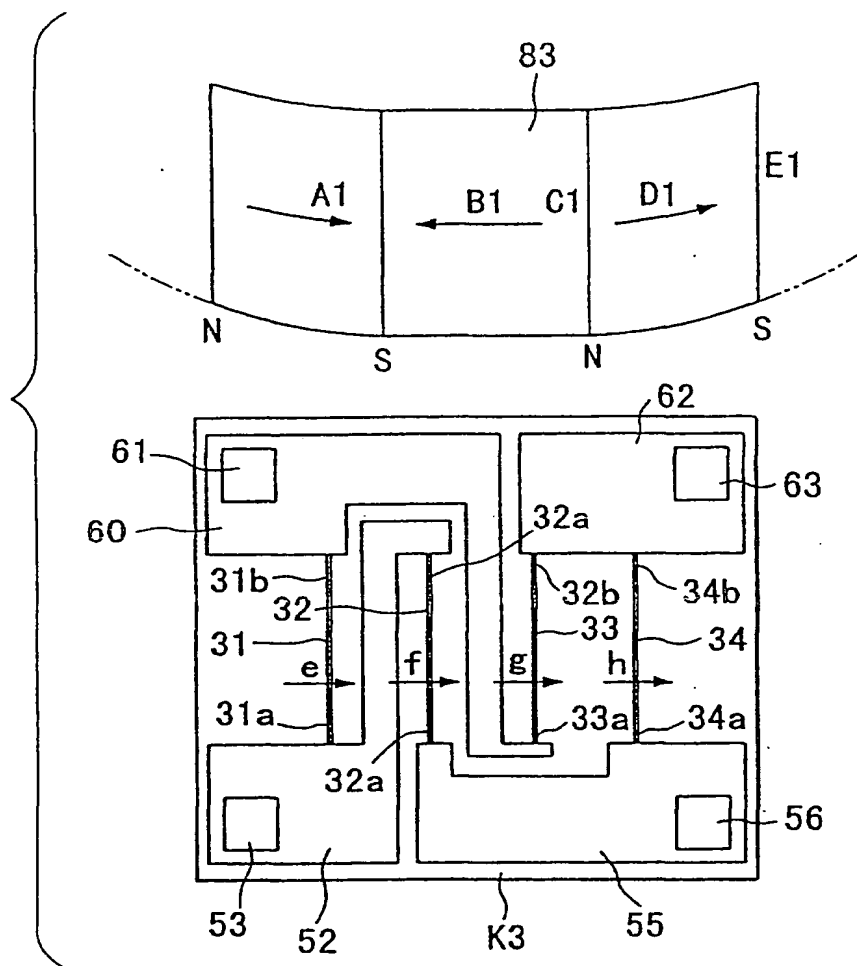


FIG. 12

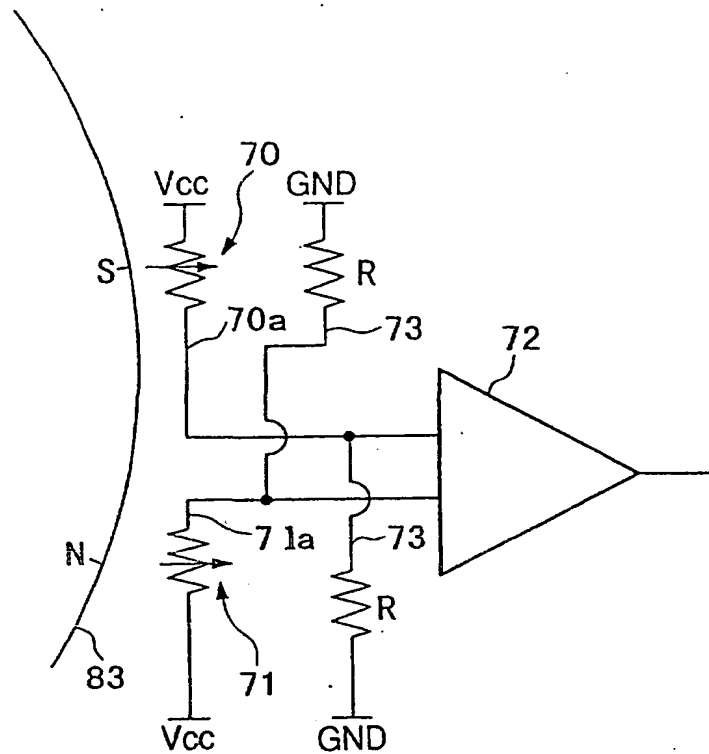


FIG. 13

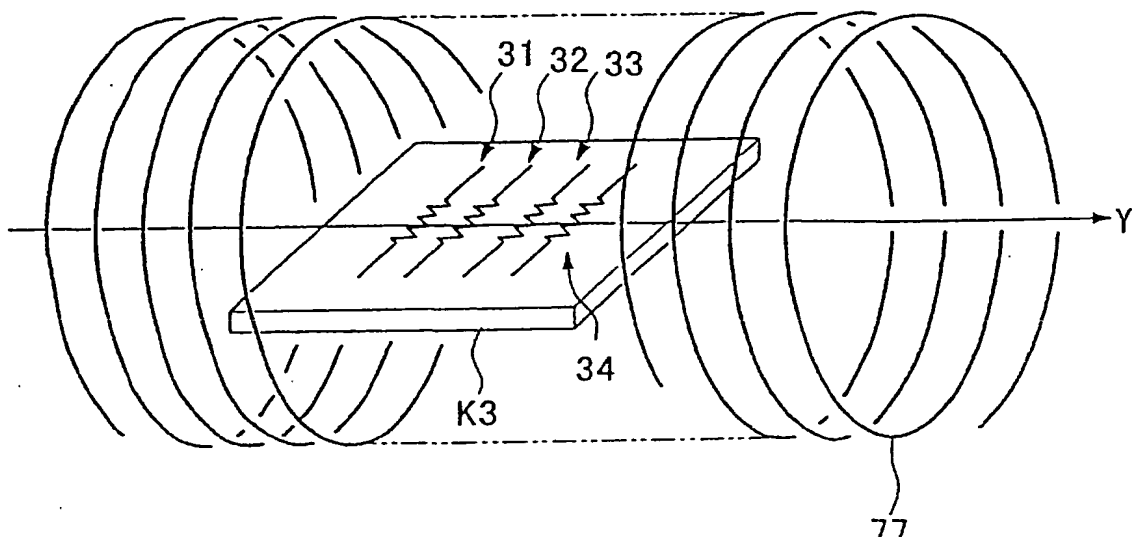


FIG. 14

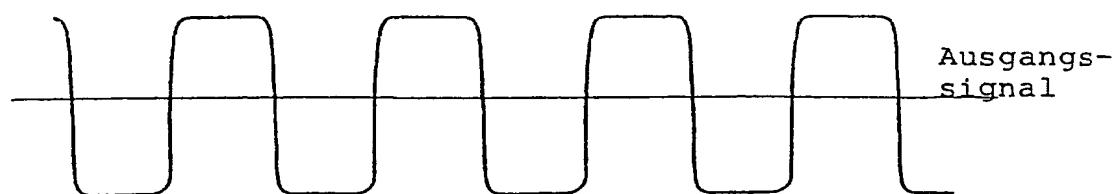


FIG. 15

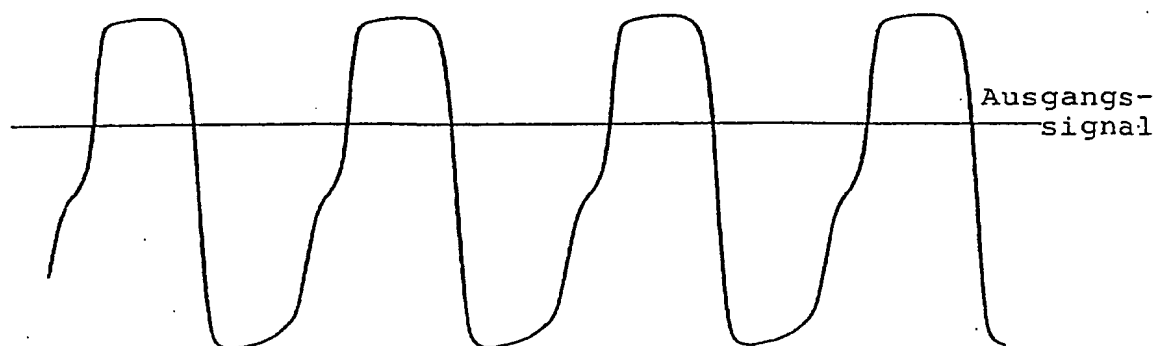


FIG. 16

Stand der Technik

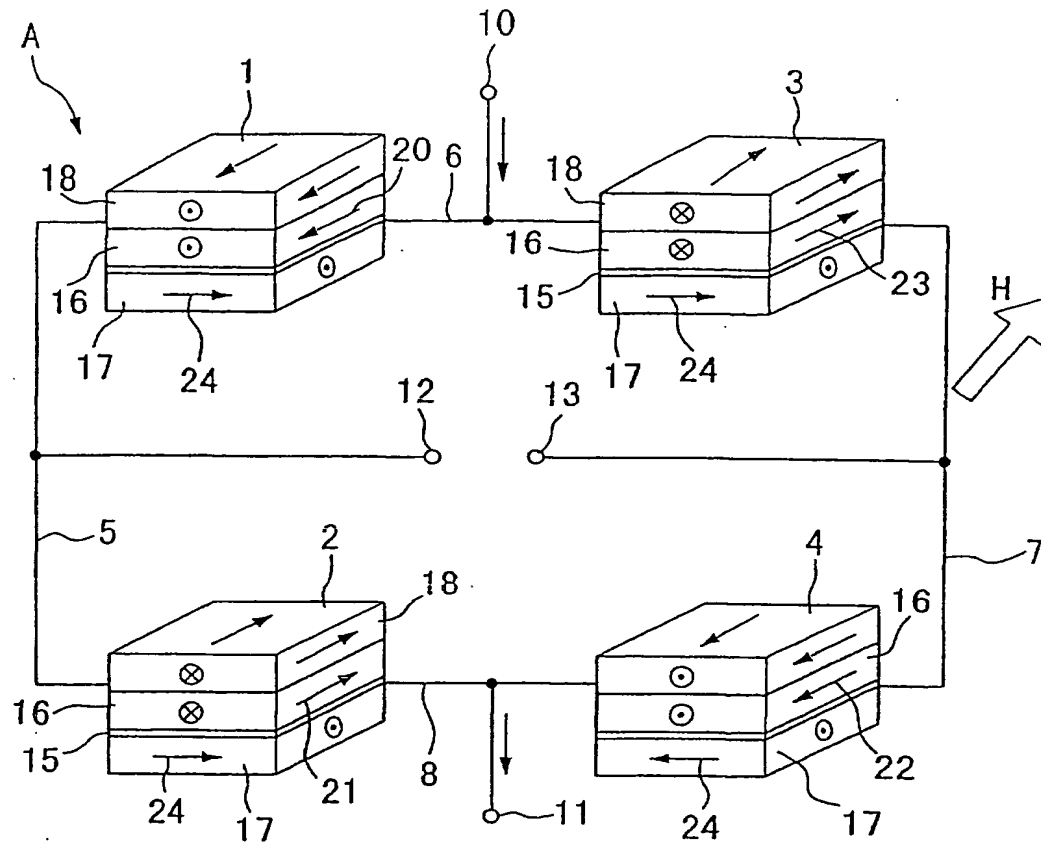
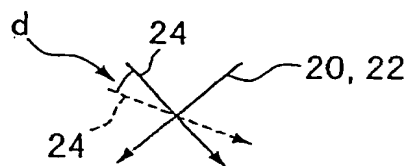


FIG. 17

Stand der Technik



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.